

► Dawid Pantera

Pompy ciepła dużych mocy w praktyce – błędy projektowe i instalacyjne



W przypadku pomp ciepła nie ma tak wyraźnego podziału na małe i duże moce, jak to jest w kotłach, gdzie mianem kotła małej mocy określa się najczęściej urządzenia niepodlegające odbiorowi. Można jednak powiedzieć, że dla każdego, kto ma styczność z technologią pomp ciepła moc ponad 40 kW to już naprawdę pokaźne urządzenie. Zwykle w pojedynczym urządzeniu produkowanym seryjnie nie spotkamy większej mocy niż 200 kW. Jeżeli zatem potrzebna jest większa moc grzewcza uzyskuje się to, łącząc pompy ciepła w układy kaskadowe lub zleca wykonanie specjalne za odpowiednią kwotę.

■ Dobór pompy ciepła, czyli możliwości energetyczne dolnego źródła

Pompa ciepła podobnie jak kocioł ma określoną moc grzewczą i dodatkowo w odróżnieniu do wspomnianego kotła ma także określoną moc chłodniczą. Obie wartości mocy podane są przez producenta wg obo-

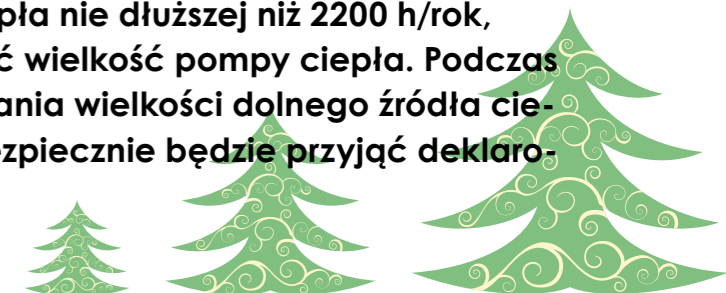
wiązującej normy EN 14511. W przypadku popularnych pomp ciepła typu solanka/woda, a więc bazujących na ciepłe ziemi moce podane są dla temperatury źródła ciepła (ziemi) wynoszącej 0°C, oraz dla temperatury wody grzewczej na zasilaniu instalacji wynoszącej 35°C. Zmiana tych wartości temperatury wpływa na zmianę mocy zarówno grzewczej, jak i chłodniczej, a więc w rezul-

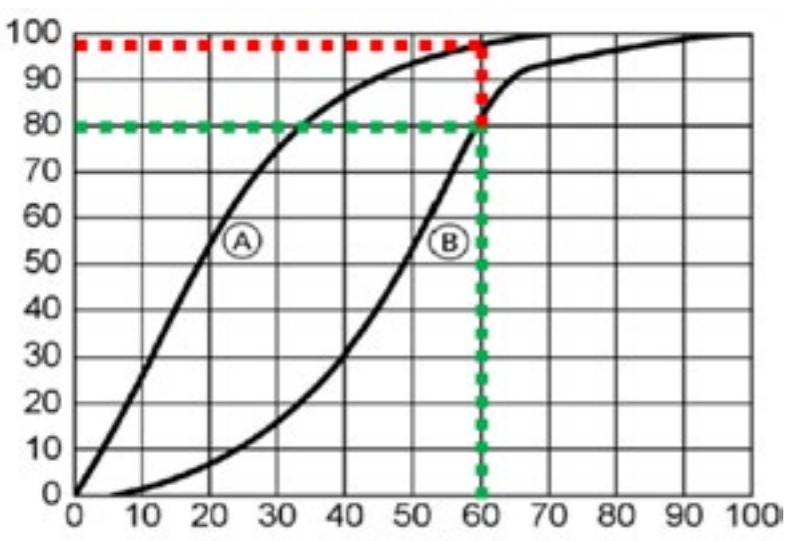
tacie wpływa na możliwości pompy ciepła co do pokrycia zapotrzebowania ciepła. Dodatkowo wartości wspomnianych temperatur wpływają na efektywność pracy pomp ciepła wg zasady: im mniejsza różnica temperatur, tym większa efektywność.

Moc grzewcza i chłodnicza to jednak nie wszystko. O ile kocioł grzewczy jest w stanie pracować w sposób ciągły i z taką samą mocą grzewczą, o tyle pompa ciepła powinna pracować przez określony czas w ciągu roku około 1800-2200 h/rok. Jest to o tyle istotne, że producenci pomp ciepła na bazie badań i doświadczeń określili, że dolne źródło w postaci odwiertu lub kolektora poziomego charakteryzuje się konkretną mocą – jednak pod warunkiem eksploatacji źródła ciepła przez okres nie dłuższy niż wspomniane 1800-2200 h/rok. Jeżeli np. z metra bieżącego odwiertu możemy uzyskać moc 40 W to jest to równoznaczne z ilością energii w ciągu roku na poziomie 72-88 kWh/m.b./rok. Aby lepiej ukazać sens konieczności obliczenia energii i bilansowania dolnego źródła względem energii, a nie mocy, rozważmy in-

stalacją grzewczą z pompą ciepła w domu jednorodzinnym, którego obliczeniowa moc grzewcza wynosi np. 12 kW. Załóżmy także, że w domu mieszkają 3, 4 lub 5 osób. Dlaczego pozwalam sobie na taką nieścisłość w liczbie osób? Czy liczba ta wpływa na zmianę mocy obliczeniowej budynku? Oczywiście nie wpływa, ale za to bardzo wyraźnie wpływa na ilość energii, jaką trzeba dostarczyć do budynku na potrzeby łącznie c.o. i c.w.u. Nawiasem mówiąc, niedawno na własnej skórze dowiedziałem się, jak wpływa dodatkowa osoba w domu na zużycie wody i koszty jej przygotowania, podczas gdy zapotrzebowanie na centralne ogrzewanie pozostało bez zmian.

Szacując w takim razie moc urządzenia i wielkość dolnego źródła, należy koniecznie określić poza obliczeniową mocą grzewczą także całkowite zapotrzebowanie energii na c.o. i c.w.u., a następnie przy założeniu czasu pracy pompy ciepła nie dłuższej niż 2200 h/rok, dobrać wielkość pompy ciepła. Podczas obliczania wielkości dolnego źródła ciepła bezpiecznie będzie przyjąć deklaro-





1 Zależność pokrycia zapotrzebowania w energię od udziału w całkowitej mocy obliczeniowej

wany przez producenta wybranej pompy ciepła współczynnik efektywności COP i obliczyć ilość energii koniecznej do dostarczenia z dolnego źródła, a tym samym oszacować wielkość dolnego źródła.

Pompy ciepła w układach biwalentnych

Pompy ciepła dużej mocy są urządzeniami stosunkowo drogimi, dlatego dość często mamy do czynienia z tzw. instalacjami biwalentnymi, a więc układami pomp ciepła we współpracy z drugim źródłem ciepła. Drugim, szczytowym źródłem ciepła może być kocioł gazowy lub olejowy, czy jakikolwiek inne źródło ciepła, które możemy w jakiś sposóbysterować. Współpraca pomp ciepła z drugim źródłem

W instalacjach z drugim źródłem ciepła moc grzewcza pompy ciepła lub kaskady pomp ciepła nie może być mniejsza niż 50% mocy obliczeniowej – mniejszy udział nie ma uzasadnienia ekonomicznego.

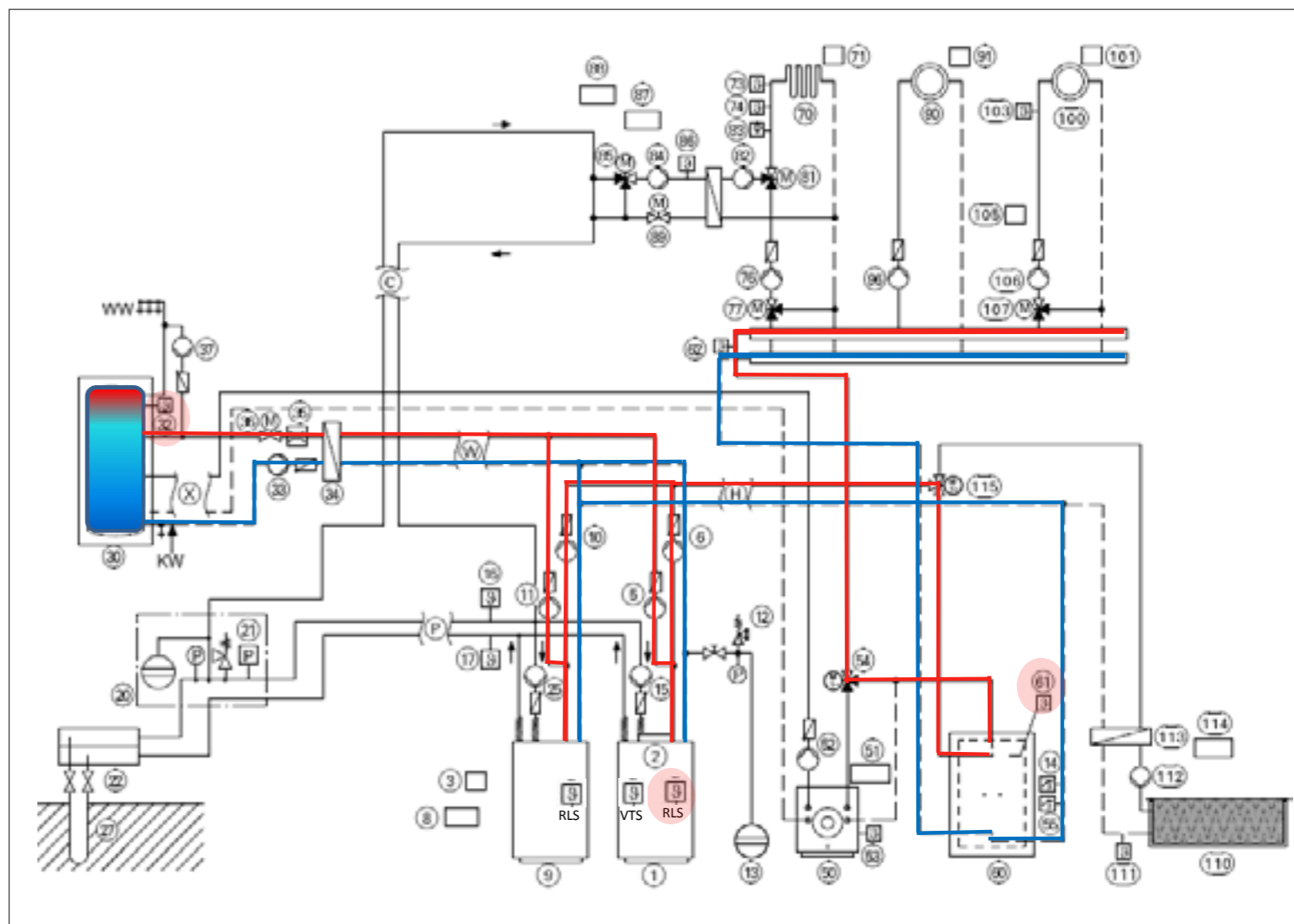
ciepła może być równoległa lub alternatywna. W każdym z tych przypadków pompa ciepła (lub kaskada pomp ciepła) ma moc grzewczą niższą niż obliczona moc grzewcza instalacji. Z pracą równoległą mamy do czynienia wtedy, gdy do pracujących pomp ciepła dołącza się dodatkowe źródło ciepła celem pokrycia zapotrzebowania w ciepło. Praca alternatywna polega z kolei na tym, że pompy ciepła nie mogąc pokryć zapotrzebowania, wyłączają się i zwalniają do pracy drugie źródło ciepła. Wybór sposobu współpracy pomp ciepła z dodatkowym źródłem ciepła ma olbrzymie znaczenie, szczególnie w doborze dolnego źródła ciepła, oraz mocy dodatkowego źródła ciepła.

Moc pomp ciepła

Jak wspominałem wcześniej, w przypadku dużych układów z pompami ciepła często spotyka się układy z drugim źródłem ciepła. Zależnie od sposobu współpracy z drugim źródłem ciepła, praca równoległa lub alternatywna, będziemy mieli do

czynienia z innymi wartościami pokrycia zapotrzebowania w energię przez pompy ciepła. Zależność ta pokazana jest na wykresie (rys. 1), gdzie na osi rzędnych znajduje się procentowy udział mocy grzewczej pomp ciepła w stosunku do całkowitej mocy obliczeniowej instalacji, natomiast na osi odciętych procentowy udział pomp ciepła w pokryciu zapotrzebowania na energię.

Jeżeli udział mocy pomp ciepła w całkowitej mocy obliczeniowej wynosi np. 60%, to w przypadku pracy alternatyw-

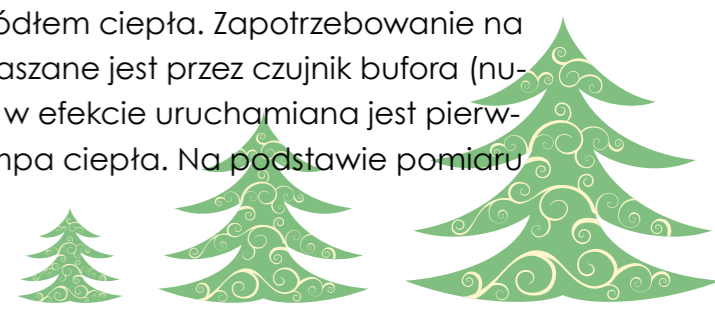


2 Kaskada pomp ciepła we współpracy z kotłem jako dodatkowym źródłem ciepła

nej pokrycie zapotrzebowania w energię przez pompy ciepła wyniesie 80%, a w przypadku pracy równoległej nawet 97%. Wynika z tego bardzo wyraźnie, że tak dobrane pompy ciepła przepracują w ciągu roku odpowiednio 2400 h/rok w układzie alternatywnym i 4000 h/rok w równoległym.

Jeżeli dolne źródło zostanie policzone w stosunku do mocy chłodniczej dobranych pomp ciepła, a nie do ilości energii, którą mają dostarczyć do instalacji, to jest niemal pewne bardzo szybkie „wyczerpanie” dolnego źródła i ostatecznie jego zamrożenie. Jest to bar-

dzo poważny błąd i z reguły występuje w instalacjach pomp ciepła większych mocy, a więc o wysokich kosztach inwestycyjnych. Układy biwalentne realizowane są przez automatykę w pewnym szczególny sposób i zwykle rozwiązania te u poszczególnych producentów są różne. Poniższy schemat obrazuje konkretne rozwiązanie dwóch pomp ciepła pracujących w układzie kaskadowym współpracujących z kotłem jako dodatkowym źródłem ciepła. Zapotrzebowanie na c.o. zgłaszane jest przez czujnik bufora (numer 61) w efekcie uruchamiana jest pierwsza pompa ciepła. Na podstawie pomiaru



temperatury na wspólnym zasilaniu (numer 62) algorytm sprawdza, czy moc pompy ciepła jest wystarczająca, jeżeli nie, załączany jest kolejny stopień kaskady czyli druga pompa ciepła (kolejność pomp ciepła może się zmieniać). Jeżeli w dalszym ciągu moc nie jest wystarczająca załączane jest dodatkowe źródło ciepła (numer 50) i poprzez zawór mieszający (numer 54) wspomaga pracę pomp ciepła poprzez podnoszenie temperatury wody zasilającej rozdzielacz centralnego ogrzewania. Wyłączenie dodatkowego źródła ciepła realizuje ten sam czujnik, który spowodował jego uruchomienie (numer 62) oczywiście po spełnieniu odpowiednich warunków. Jeżeli w dalszym ciągu temperatura w obiegu rośnie (wygrzane obiegi c.o.), to w pierwszej kolejności wyłączany jest drugi stopień kaskady pomp ciepła (od czujnika numer 61), a ostatecznie od czujnika temperatury powrotu także i pierwsza pompa ciepła

Wielkość zbiornika buforowego należy dobrać wg zasady 25 litrów na każdy kW mocy grzewczej pompy ciepła.

Instalacje pomp ciepła często wyposażane są w zbiorniki buforowe wody grzewczej.

Zwykle ich pojemność dobrana jest dla optymalizacji pracy, a nie do magazynowania ciepła. Kocioł jest w stanie dość płynnie dopasować moc do zapotrzebowania – wszystko oczywiście zależy od warunków pracy, jakie muszą zostać spełnione i rodzaju palnika. Natomiast pompa ciepła jest urządzeniem, które nie „dopasuje” mocy grzewczej,

a do tego jej moc może się różnić od deklarowanej przez producenta, a wszystko to za sprawą wartości temperatury, na których w danej chwili pracuje pompa ciepła. Zbiornik buforowy jest zatem elementem pozytywnie wpływającym na wydłużenie czasów pracy, gdy moc grzewcza pompy ciepła jest większa niż aktualne zapotrzebowanie, oraz wydłużenie czasów postoju pompy ciepła po jej wyłączeniu dzięki zmagazynowanej małej ilości energii cieplnej.

Jeżeli mamy do czynienia z układem kaskadowym, pojemność dobierana jest do mocy grzewczej jednego stopnia pracy (jednej pompy ciepła), przy czym należy sprawdzić czy wielkość króćców w dobranym zbiorniku buforowym pozwoli na przeniesienie mocy, gdy wszystkie pompy ciepła rozpoczną pracę. Jeżeli okaże się, że średnica króćców jest za mała, to można rozważyć zwiększenie pojemności bufora lub baterię buforów, połączonych zgodnie z regułą Tichelmanna. Instalacja z pompami ciepła o łącznej mocy 200 kW wymaga natężenia przepływu wody grzewczej na poziomie 24 500 litrów/h, to blisko 7 l/s! W związku z tym, olbrzymie znacze-

nie będą także miały średnice rurociągów instalacji grzewczej, w szczególności te pomiędzy pompami ciepła a zbiornikiem buforowym lub baterią zbiorników.

Sposób na przygotowanie c.w.u.

Ogrzewanie wody użytkowej w układach kaskadowych i współpracujących z innymi źródłami ciepła to również temat do dyskusji pod kątem: **czy ogrzewać przed czy za zbiornikiem buforowym?**

Rozwiązanie z ogrzewaniem wody użytkowej ze wspólnego rozdzielacza c.o. za buforem wody grzewczej wydaje się proste do realizacji – nie trzeba liczyć wymiennika pod deltę zalecaną do pracy pompy ciepła, a i przepływy są mniej ważne. Jednak trzeba mieć na uwadze algorytm pracy pompy ciepła i sposób w jaki urządzenie chce przygotować wodę użytkową oraz co wpływa na wyłączenie i załączenia sprężarki.

Pompę ciepła może wyłączyć albo osiągnięcie temperatury wody użytkowej – co jest przez nas oczekiwane, ale pompa może się również wyłączyć od przegrzania, tj. w momencie osiągnięcia odpowiednio za wysokiej temperatury zasilania, a tak się może stać gdy odbiór ciepła z bufora będzie mniejszy niż doprowadzane do bufora z pompy, czy kaskady pomp ciepła. Warto przypomnieć przy tej okazji, że powrót wody grzewczej z bufora do pompy ciepła powinien być zlokalizowany możliwie najniżej zbiornika.

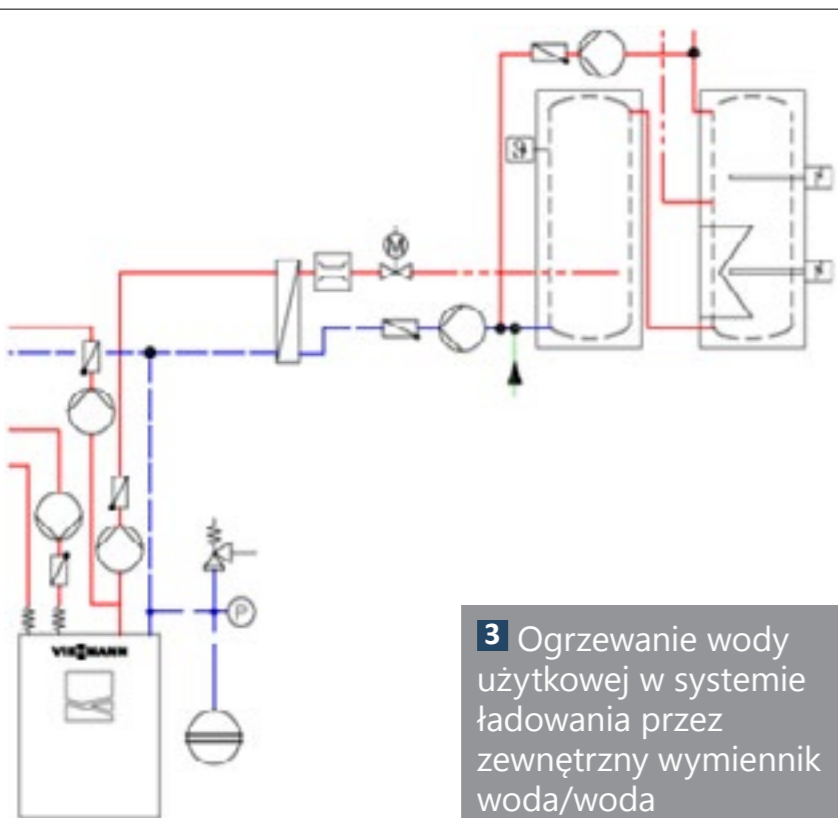
Optymalny sposób ogrzewania wody użytkowej to układ bezpośredni – ładowanie wody użytkowej poprzez wymiennik woda/woda (rys. 3). W zależności od tego, ile pomp ciepła w kaskadzie pracuje na przygotowanie wody użytkowej, to na taką moc musi zostać dobrany wymiennik woda/woda. Są one

zwykle dość spore, ponieważ moc grzewcza „przenoszona” jest na niewielkiej różnicy temperatury rzędu 7-8 K, a skoro tak to i rurociągi muszą mieć odpowiednio dużą średnicę, aby dodatkowo nie dławić przepływu. Należy szczególnie zwracać uwagę na pompy ciepła typu powietrze/woda, których moc grzewcza w okresie letnim jest niemal dwukrotnie większa niż podawana w danych technicznych wg normy EN 14511 (A2/W35). Cyrkulacja wody użytkowej, o ile występuje, powinna być sterowana przez automatykę pompy ciepła, aby nie wydłużała procesu ogrzewania wody użytkowej.

Podczas projektowania układów z pompami ciepła nie należy zapominać o temperaturze, na której urządzenie może pracować. Pompy ciepła w „normalnym” wykonaniu, są w stanie osiągnąć temperaturę zasilania nie większą niż 60°C, 65°C. Instalacje grzewcze nie powinny być zatem liczone na wyższe parametry. Ewentualnie można wydzielić część obiegów, które mają pracować niezależnie i być zasilane z dodatkowego źródła ciepła (kotła). Takie rozwiązanie jest możliwe, ponieważ automatyka pomp ciepła nie musi w pełni sterować pracą drugiego źródła ciepła, a jedynie chodzi o dostępność dodatkowej mocy grzewczej – nie jest ważne czy to pracujący kocioł, ciepło technologiczne czy inne źródło ciepła.

Projektując układ mono- czy biwalentny, należy bezwzględnie korzystać z wytycznych projektowych danego producenta pomp ciepła, ponieważ algorytmy pracy dopasowane są do możliwości automatyki i sposobu załączania i wyłączania poszczególnych pomp ciepła. Jest to niezwykle ważne dla zachowania bezpiecznej, ekonomicznej i co najważniejsze bezusterkowej pracy instalacji.

Fot./rys. Viessmann



3 Ogrzewanie wody użytkowej w systemie ładowania przez zewnętrzny wymiennik woda/woda

